

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

21.7.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年12月 1日

REC'D 10 SEP 2004

出願番号
Application Number: 特願2003-401734

WIPO

PCT

[ST. 10/C]: [JP2003-401734]

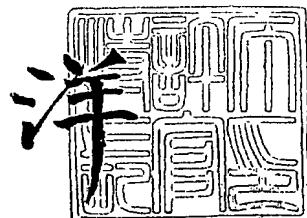
出願人
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月 27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

八 月



【書類名】 特許願
【整理番号】 NTH156579
【提出日】 平成15年12月 1日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04B
H04J

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 吉野 學

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 三鬼 準基

【特許出願人】
【識別番号】 000004226
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】
【識別番号】 100066153
【弁理士】
【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】
【識別番号】 100100642
【弁理士】
【氏名又は名称】 稲垣 稔

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 002897
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9806848

【書類名】特許請求の範囲

【請求項1】

2値データの2つの状態（以下この2つの状態の一方をマーク、他方をスペースという）に応じて、入力信号光を、その入力信号光の光周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ で光強度が光周波数 f を変数とする異なる関数で表わされる信号光に符号化して出力信号光として出力する反射型光通信方法であって、

マークにより符号化された入力信号光（以下、マークの入力信号光という）の光強度関数（以下、単に関数という）を $IM(f)$ 、スペースの入力信号光の関数を $IS(f)$ 、マークの出力信号光の関数を $OM(f)$ 、スペースの出力信号光の関数を $OS(f)$ とそれぞれすると、

関数 $IM(f)$ と関数 $OM(f)$ の積の光周波数 f に関する積分又は総和と、関数 $IM(f)$ と関数 $OS(f)$ の積の光周波数 f に関する積分又は総和とが等しく、

関数 $IS(f)$ と関数 $OM(f)$ の積の光周波数 f に関する積分又は総和と、関数 $IS(f)$ と関数 $OS(f)$ の積の光周波数 f に関する積分又は総和とが等しいことを特徴とする反射型光通信方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法において、

上記入力信号光及び上記出力信号光はそれぞれ自然数 N 組のマークの信号光又はスペースの信号光の何れかであり、 i 番目のマークの入力信号光の関数を $IM_i(f)$ 、 i 番目のスペースの入力信号光の関数を $IS_i(f)$ 、 i 番目のマークの出力信号光の関数を $OM_i(f)$ 、 i 番目のスペースの出力信号光の関数を $OS_i(f)$ とそれぞれすると、 N 組に含まれる i 番目と i 番以外の j 番目の入力信号光の関数が

$$\int IM_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) df = \int IS_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) df = \int IS_j(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) df = 0$$

又は

$$\sum IM_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) = \sum IS_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) = \sum IS_j(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) = 0$$

の関係が成り立ち、 N 組に含まれる i 番目の入力信号光の関数と出力信号光の関数が

$$\int IM_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) df = \int IS_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) df = \int OS_i(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) df = 0$$

又は

$$\sum IM_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) = \sum IS_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) = \sum OS_i(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) = 0, \quad \int \text{は } f_0 \sim f_L \text{ の範囲での } f \text{ に関する積分}, \quad \sum \text{は } f_0 \sim f_L \text{ の範囲での } f \text{ に関する総和}.$$

の関係が成り立つことを特徴とする反射型光通信方法。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の方法において、

上記入力信号光の関数と上記出力信号光の関数は三角関数であることを特徴とする反射型光通信方法。

【請求項4】

請求項2に記載の方法において、

光周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ を L 分割し、 L を 2 で割った数が s の n 倍とし、 $f_0 \sim f_L$ を $2s$ で割った単位区間をチップとする、 s 及び n はそれぞれ 1 以上の整数であり、

マークの関数は連続する s チップを強度 1 とし、それに続く連続する s チップを強度 0 とすることを少なくとも n 回繰り返す関数又はその位相を所定値ずらした関数であり、

スペースの関数は連続する s チップを強度 0 とし、それに続く s チップを強度 1 とする

ことを少なくとも n 回繰り返す関数又はその位相を上記所定値ずらした関数であることを特徴とする反射型光通信方法。

【請求項 5】

入力信号光が入力され、その入力信号光の光周波数の範囲 $f_0 \sim f_L$ で、光強度の周波数特性が第1関数 $O M(f)$ で与えられる光ろ波特性をもち、マーク信号光として出力するマーク符号器と、

上記入力信号光が入力され、上記光周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ で、光強度の周波数特性が第2関数 $O S(f)$ で与えられる光ろ波特性をもちスペース信号光として出力するスペース符号器と、

出力2値データ系列の各データの2値状態に応じて上記マーク信号光と上記スペース信号光を選択合波して出力信号光として出力する選択合波手段と、

上記入力信号光が入力され、上記光周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ で光強度の周波数特性が第3関数 $I M(f)$ で与えられる光ろ波特性をもつマーク復号器と、

上記入力信号光が入力され、上記光周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ で光強度の周波数特性が第4関数 $I S(f)$ で与えられる光ろ波特性をもつスペース復号器と、

上記マーク復号器の出力光が入力され、光強度に応じた電気信号を出力するマーク光検出器と、

上記スペース復号器の出力光が入力され、光強度に応じた電気信号を出力するスペース光検出器と、

上記マーク光検出器の出力信号と上記スペース光検出器の出力信号とが入力され、これらのレベル差が所定値以上のものについてその差に応じて2値データの一方を出力する比較器とを備え、

上記第1関数 $O M(f)$ と上記第3関数 $I M(f)$ との積の周波数 f に関する積分又は総和と、上記第2関数 $O S(f)$ と上記第3関数 $I M(f)$ との積の周波数 f に関する積分又は総和とが等しく、

上記第1関数 $O S(f)$ と上記第4関数 $I S(f)$ との積の周波数 f に関する積分又は総和と、上記第2関数 $O S(f)$ と上記第4関数 $I S(f)$ との積の周波数 f に関する積分又は総和とが等しく、上記第1～第4関数が設定されていることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 6】

請求項5に記載の装置において、

上記第1～第4関数は互いに直交的な関数であることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 7】

請求項6に記載の装置において、

上記第1～第4関数は三角関数であり、

上記マーク符号器と上記スペース符号器は出力符号器として一体化され、上記マーク復号器と上記スペース復号器は入力復号器として一体化されていることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 8】

請求項6に記載の装置において、

上記周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ を L 分割し、 L を 2 で割った数が s の n 倍とし、 $f_0 \sim f_L$ を $2 s n$ で分割した単位区間をチップとすると、 s 及び n はそれぞれ 1 以上の整数であり、上記第1及び第3関数は連続する s チップを透過とし、それに続く連続する s チップを不透過とすることを n 回繰り返す関数又はその位相を所定値ずらした関数であり、上記第2及び第4関数は連続する s チップを不透過とし、それに続く連続する s チップを透過とすることを n 回繰り返す関数又はその位相を上記所定値ずらした関数であり、

上記マーク符号器と上記スペース符号器は出力符号器として一体化され、上記マーク復号器と上記スペース復号器は入力復号器として一体化されていることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の装置において、

上記選択合波手段は上記出力符号器のマーク信号光及びスペース信号光をそれぞれその出力符号器に全反射するマーク全反射器及びスペース全反射器と、出力符号器とマーク全反射器及びスペース全反射器との間にそれぞれ挿入され、上記出力データに応じてマーク信号光及びスペース信号光のいずれかを選択するマーク選択器及びスペース選択器とを備えることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 10】

請求項 7 又は 8 に記載の装置において、

上記マーク光検出器及びスペース光検出器として、入力光を光増幅して出力すると共に入力光の光強度に応じた電気信号を出力する光増幅器が用いられ、

上記マーク光検出器及び上記スペース光検出器の各出力信号を合波して上記入力信号光として上記出力符号器に入力する光合波器を備えることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 11】

請求項 7 又は 8 に記載の装置において、

上記出力符号器よりのマーク信号光とスペース信号光を上記出力データに応じて選択する切替器と、

その切替器の出力光が入力され、その出力光を 2 分岐してその一方を上記入力復号器に入力する光合分波器と、

上記光合分波器の他方の分岐光が入力され、これを全反射する全反射器とを備えることを特徴とする反射型光通信装置。

【請求項 12】

請求項 7 又は 8 記載の装置において、

上記出力符号器よりのマーク信号光とスペース信号光を上記出力データに応じて選択する切替器と、

上記切替器の出力光が入力され、その一部を反射し、残りを上記入力復号器へ入力する一部反射器とを備えることを特徴とする反射型光通信装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】反射型光通信方法及びその装置

【技術分野】

【0001】

この発明は外部から光を受けて、受けた光を変調して出力する反射型光通信方法及びその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

利用者（ユーザ）宅に配置する光通信装置の出力光の波長を調整する機構を省くため、対向する光通信装置から光を受けて、受けた光を変調して対向光通信装置に送り返す光通信装置が提案されている。このような光通信装置に関する文献として、例えば非特許文献1及び2などがある。

【非特許文献1】今井健之他著「反射型SOAによるWDN-PONシステム用端末のインターフェラビリティ」2003年電子情報通信学会通信ソサエティ大会B-10-50

【非特許文献2】成川聖他著「半導体光増幅器を用いた波長チャネルデータライタのファイバ伝送特性」2003年電子情報通信学会通信ソサエティ大会B-10-51

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

非特許文献1に示す装置では、対向光通信装置はその装置自身の情報（データ）を送る下り信号光とは別に、情報（データ）で変調した上り信号光として返してもらうために無変調の連続光（CW）光を下り方向に送信する。このため、その返信用の下り信号光自体は情報伝送に有効に活用されていない。また、非特許文献2に示す装置では、対向光通信装置は、その装置自身の情報（データ）を送る下り信号光の消光比を悪くすることで、上り信号光として送り返すための光を確保する。このため、消光比が悪くなり、通信品質が悪くなる問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0004】

この発明によれば、2値のデータ信号の2つの状態1と0又は-1とをそれぞれマークとスペースとすると、マーク及びスペースをそれぞれ同一光の光周波数（波長）範囲において光強度が周波数（波長）を変数とする異なる関数で表わされる信号光とし、

マークの下り信号光とマークの上り信号光の同一周波数（波長）区間での積分又は総和と、マークの下り信号光とスペースの上り信号光の前記同一周波数区間での積分又は総和とが等しく、かつスペースの下り信号光とマークの上り信号光の前記同一周波数区間での積分又は総和と、スペースの下り信号光とスペースの上り信号光の前記同一周波数区間での積分又は総和とが等しくされている。つまり下りマーク又はスペース信号光を構成する光周波数成分に含まれる半分に相当する光周波数成分を上りマーク又はスペース信号光となる。

【0005】

更に上記各関数は互いに直交的、つまり各光周波数成分強度が相補的であることが好ましい。

【発明の効果】

【0006】

この発明によれば上り信号光として送り返すための無変調下り信号光を送る必要がなく、かつ下り信号と上り信号との関係が前記のようにされているため、下り信号がマークの場合もスペースの場合も同一の光強度のマーク信号光あるいはスペース信号光を出力することができ、下り信号光の消光比を悪くすることなく、通信品質を劣化させるおそれがない。

更に関数が互いに直交的である場合は、光伝送路で生じる反射光の影響を受け難く、かつ他の通信光の影響も受け難い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

まずこの発明の基本概念を説明する。

【実施例1】

【0008】

この発明による反射型光通信方法及びその装置の基本概念の機能構成を図1に示す。データにより変調（符号化）された下り信号光が、光ファイバ10を通じ、更に光入出力ポート12を介して光入出力共用器20のポート20aに入力され、光入出力共用器のポート20bより切替器30に入力される。切替器30は、端子31よりの上りデータ系列により制御され、下り信号光はマーク符号器40Mあるいはスペース符号器40Sに入力される。マーク符号器40M及びスペース符号器40Sの出力光は光合成器50を通じて光入出力共用器20のポート20cに入力され、光入出力共用器20のポート20aより上り信号光として光入出力ポート12を介して光ファイバ10へ出力される。光入出力共用器20として図1では破線で示すように光サーキュレータを用いているが、光方向性結合器、光合分波器などを用いてもよいが、反射光とのコヒーレントグロストークにより上り信号光の強度変調を避けるため、また光損失を少くするために光サーキュレータが好ましい。光合成器50は光合分波器あるいは切替器30と破線で示すように連動制御される切替器などを用いることができ、要はマーク符号器40Mの出力光と、スペース符号器40Sの出力光とを光入出力共用器20のポート20cへ入力するものであればよい。切替器30は端子31よりのデータがマークであれば入力された光をマーク符号器40Mに入力し、スペースであればスペース符号器40Sに入力する。光合成器50として入力端子31のデータにより制御される切替器を用いる場合は切替器30は光分岐器としてもよい。

【0009】

マーク符号器40M及びスペース符号器40Sは下り信号光の光周波数（波長）の全区間において、光周波数（波長）を変数とする互いに異なる関数で表わされる信号光を出力し、例えば光ろ波器として構成される。しかも入力する下り信号光と出力する上り信号光の光符号は次に示す関係をもつ関数に従うものとされる。

下り信号光がマークであるときの光周波数fに対する光強度の関数をIM(f)、スペースであるときの関数をIS(f)、上り信号光がマークであるときの光周波数fに対する光強度の関数をOM(f)、スペースであるときの関数をOS(f)とそれぞれする。関数IM(f)と関数OM(f)との積のfに関する積分又は総和と、関数IM(f)と関数OS(f)の積のfに関する積分又は総和とが等しく、かつ、関数IS(f)と関数OM(f)の積のfに関する積分又は総和と、関数IS(f)と関数OS(f)の積のfに関する積分又は総和とが等しい。即ち次に示す(1)式と(2)式のいずれかと(3)式と(4)式のいずれかとが成立する関係にある。

【0010】

$$\int IM(f) OM(f) df = \int IM(f) OS(f) df \quad (1)$$

$$\sum IM(f) OM(f) = \sum IM(f) OS(f) \quad (2)$$

$$\int IS(f) OM(f) df = \int IS(f) OS(f) df \quad (3)$$

$$\sum IS(f) OM(f) = \sum IS(f) OS(f) \quad (4)$$

ここで、 $\int df$ は下り信号の光周波数の区間での積分を、 Σ は下り信号の光周波数の区間での総和を意味する。

これらの関係はマーク関数の光強度とスペース関数の光強度が互いに等しく、かつマーク又はスペースの下り信号光を構成する周波数成分の光の半分に相当する成分をマーク又はスペースの上り信号光として構成することができることを表している。従ってこの光通信装置は、下り信号光の変調度を下げることなく、下り信号光がマークでもスペースでも、同一の光パワーで変調した上り信号光を出力することが出来る。

【0011】

前記関数の例を図2に示す。図2(a)～(c)は三角関数の例であり、同一振幅であり、周波数区間 $f_0 \sim f_L$ での強度変動周波数が1, 2, 3の場合でそれぞれ位相が $\pi/2$ ずれた実線と破線あるいは、図2(a)中に示すように実線に対し、 $\pi/4$ 程度ずれた1点鎖線などの中の1つをマークの関数とし、これに対し π ずれた関数をスペースの関数とし、異なる方向又は異なる光通信装置に対するものは他の図2中に示す関係をもつ他の関数をマーク関数とし、これと位相が π 異なる関数をスペース関数とする。あるいは図3に示すように周波数区間 $f_0 \sim f_L$ を L 分割した L 個のチップとし、チップごとに光強度を1又は0とし、図3(a)に示す関数を例えばマークの関数とする時、スペースの関数は例えば図3(b)に示すように、強度が1のチップ数は同一であり、かつ下り信号光のマーク又はスペース関数の強度1のチップの半分を上り信号光に用いることができる。図3(b)はその前半は図3(a)の前半と同一であり、後半は図3(a)の後半を反転したものとなっている。

【0012】

マーク又はスペース符号器40M又は40Sのろ波関数として、三角関数を用いる場合の符号器の構成例を図4に示す。マッハツエンダ干渉計であり、光路長が異なる2組の方路1, 2とこれら両端にそれぞれ結合した光を2組の方路に合分波する2組のカプラ3, 4とからなる。カプラ3の入力ポートの一方に入力された光は2つの出力ポートより、方路1, 2に入力され、カプラ4の一方の出力ポートには方路1と2の光路長差で決る周波とその整数倍の周波数成分の光が放出され、他方のポートからの残りの周波数成分の光が放出される。この周波数の選択特性はオンオフ的ではなく、なだらかな特性であり、例えば図2に示したような三角関数波形となる。

【0013】

マーク又はスペース符号器40M又は40Sのろ波関数として図3に示したようなチップ列を構成する場合の符号器の構成例を図5に示す。入力光は光合分波器5に入力され、光合分波器5は各チップの波長(周波数)光信号を異なるポートに出力し、かつ波長(周波数) ΔF の整数倍離れた光成分を同一ポートに出力する。例えば符号器40M又は40Sの出力光が4つのチップごとに同一パターンを繰り返す場合、光合分波器5のポート1, 2, 3, 4から波長 $\lambda_1 + q\Delta F, \lambda_2 + q\Delta F, \lambda_3 + q\Delta F, \lambda_4 + q\Delta F$ ($q = 0, 1, 2, \dots$)の各成分がそれぞれ出力される。これらのうち強度1のチップと対応するポートの出力をカプラ6で合波して出力すればよい。このような光合分波器5としては、波長数と波長間隔の積 ΔF が等しいAWG(Array Waveguide Grating: アレー導波路格子形光合分波器)を用いることができる。

【0014】

図1中の切替器30を光分岐器とし、光入出力共用器20からの下り信号光をマーク符号器40M及びスペース符号器40Sへ分岐入力し、光合成器50を上りデータにより制御される切替器で構成してもよい。上り信号光と下り信号光が異なる光ファイバにより伝送されてもよい。例えば図1中に破線で示すように光合成器50より出力される上り信号光を光ファイバ11に入力し、光入出力共用器20を省略してもよい。あるいは図6に示すように、マーク符号器40M及びスペース符号器40Sの各出力光をそれぞれ全反射する全反射器51M及び51Sを設け、マーク符号器40M及びスペース符号器40Sの各出力光がそれぞれマーク符号器40M及びスペース符号器40Sを通り、更に切替器30を通って光ファイバ10に入力されるようにしてもよい。

【0015】

図6に示した装置は図1に示したものと比べ、光入出力共用器20を省略でき、しかも光合成器50を削減して部品点数を更に削減することが出来、図1に示したもので切替器と切替器の組合せを用いる場合に比べれば、変調のために操作する部品が減少する効果があり、また図1で二組の切替器の替わりに、切替器と光合波器の組合せを用いる場合と比べれば、光合波器による光損失がなくなる効果がある。

また、図1及び図6では、下り信号光の受信回路について示していないが、切替器30よりも前段で下り信号光の一部を下り信号光の受信回路に分岐して下りデータ系列を復号

するようにしてもよい。これと同様な受信復号については後で例えば図7を参照して述べる。

【0016】

以上述べたように本実施例は、互いに光強度が等しいマーク又はスペースで符号化された光を受け、受信したマーク又はスペースの下り信号光を構成する波長に含まれる半分の波長をマーク又はスペースの上り信号光として送り返す。このため、下り信号光とは別に、上り信号光として変調するための無変調のCW光を送ったり、下り信号の消光比を悪くすることなく、上り信号光として変調する光を供給することが出来る。

【実施例2】

【0017】

この実施例2は各光周波数関数を互いに直交的とし、かつチップ符号とする例である。図7を参照して実施例2を説明する。光ファイバ10よりの下り信号光は、光入出力ポート12より光入出力共用器20を通じ更に光分岐器21と22を順次通じて下りマーク復号器61Mと下りスペース復号器61Sに分岐入力され、これらの復号器61M及び61Sをそれぞれ通過した光は光検出器70M及び70Sにより電気信号に変換され、これら電気信号は比較器80で比較され、例えば差分がとられ、その大きさが所定値以上であれば下りデータ系列として出力端子81に出力される。

【0018】

第1の光分岐器21で分岐された他方の下り信号光は切替器30に入力され、図1に示したと同様に、入力端子31よりの上りデータ系列により変調されて上り信号光として光入出力共用器20を介し、更に光入出力ポート12より光ファイバ10に出力される。光合成器50として端子31のデータにより制御される切替器を用いる場合は切替器30の代りに光分岐器を用いてもよい。

この実施例1ではマークの上り信号光aからスペースの上り信号光を引いたものとマークあるいはスペースの下り信号光との光周波数についての積分又は総和が零となり、つまりこれらの周波数関数符号は互いに擬似的に直交とされる。更に詳しく述べると、下り信号光は、マーク又はスペースの何れか一方の関数に従う光周波数特性をもつ自然数NI組の入力光であり、i番目のマークの光強度の関数をIMi(f)、スペースの光強度の関数をISi(f)とすると、NI組に含まれるi番目の下り信号光とi番以外のj番目の下り信号光との関係が次に示す(5)式又は(6)式を満たす。

【0019】

$$\int IM_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) df = \int IS_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) df = \int IS_j(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) df = 0 \quad (5)$$

$$\sum IM_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) = \sum IS_i(f) (IM_j(f) - IS_j(f)) = \sum IS_j(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) = 0 \quad (6)$$

かつ、NI組に含まれるi番目の下り信号光とi番目の上り信号との関係は次に示す(7)式又は(8)式を満たす。

【0020】

$$\int IM_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) df = \int IS_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) df = \int OS_i(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) df = 0 \quad (7)$$

$$\sum IM_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) = \sum IS_i(f) (OM_i(f) - OS_i(f)) = \sum OS_i(f) (IM_i(f) - IS_i(f)) = 0 \quad (8)$$

\int は下り信号の光周波数区間での積分、 Σ は下り信号の光周波数B間での総和である。なお同一の光通信装置で検出すべき下り信号光と、出力すべき上り信号光とは異なる関数とされる。

【0021】

このような特性を有する関数として、例えば、アダマール符号がある。図8に1次のアダマール行列 H_1 と、2次のアダマール行列 H_2 と、アダマール行列の漸化式 H_n とを示す。アダマール符号は、アダマール行列の第1行以外の行を取り出したものであり、これを波長（光周波数）チップ列にマッピングして信号光とする。信号光の光周波数関数は、ろ波関数とする場合マークで0となる波長チップを透過し、1となる波長チップを不透過とすると、スペースでは1となる波長チップを透過し、0となる波長チップを不透過とする。つまり同一符号の場合マーク信号光とスペース信号光で光強度1と光強度0とが反転する。2次のアダマール行列の場合、アダマール符号は、符号1 [0 0 0 0]、符号2 [0 1 0 1]、符号3 [0 0 1 1]、符号4 [0 1 1 0]となるが、符号1は他の符号と相関関係が異なり、符号を構成するチップの符号が偏っているため用いない。符号2から符号4は、(1)～(8)式を満たす。例えば符号2 [0 1 0 1]の信号光を生成するには図5に示すように光合分波器5の λ_2 と λ_4 を出力するポートをカプラ6と接続し、また λ_1 と λ_3 を出力するポートを破線で示すようにカプラ6'と接続し、マークかスペースかにより、カプラ6と6'の出力を光合成器としての切替器50を切替えて出力すればよい。

【0022】

このような符号であるから受信しようとする符号が例えば*i*番目であり、これ以外の例えれば*j*番目の信号光が入力した場合、下りマーク復号器61M及び下りスペース復号器61Sの各ろ波関数はIM*i*(f)及びIS*i*(f)であり、入力光の光周波数関数はIM*j*(f)又はIS*j*(f)であり、(5)式又は(6)式が成立し、復号器61M及び61Sを経由して検出された光強度はその差が比較器80で相殺されるため受信しようとする*i*番目の信号光以外の信号光は出力端子81に出力されない。またこの上りマーク符号器41M及び上りスペース符号器41Sの各ろ波関数はOM*i*(f)及びOS*i*(f)であり、この上り信号が光伝送路上で反射が生じ、その反射光が下りマーク復号器61M及び下りスペース復号器61Sに入力されても、(7)式又は(8)式が成り立ち光検出器70M及び70Sの各検出光強度は比較器80で相殺され、出力端子81には現われない。つまり、反射光があったとしても、所望の符号の信号光の受信の障害とならない。

【0023】

このような特性をもつ他の関数として、下り信号光の光周波数区間 $f_0 \sim f_L$ を例えば図9(a)に示すように $L = 4\text{ s}$ 分割し、*i*番目のマークの関数 $M_i(f)$ は最初のsチップを透過（光強度1）、次のsチップを不透過（光強度0）とすることを $n = 2$ 回繰り返し、*i*番目のスペースの関数 $S_i(f)$ は最初のsチップを透過（光強度1）、次のsチップを不透過（光強度0）とすることを $n = 2$ 回繰り返す。図9(b)に示すように $f_0 \sim f_L$ を $L = 6\text{ s}$ 分割し、*i*番目のマークの関数 $M_i(f)$ は最初のsチップを透過、次のsチップを不透過とすることを $n = 3$ 回繰り返し、*i*番目のスペースの関数 $S_i(f)$ は最初のsチップを透過、次のsチップを不透過とすることを $n = 3$ 回繰り返す。一般的には光周波数区間の f_0 から f_L を L 分割したLチップの波長で示されるろ波関数（光強度関数）であり、 L を2で割った数がsの倍数とし、*i*番目のマークのときのろ波関数をIM*i*(f)としスペースのときのろ波関数をIS*i*(f)とするとき、*i*番目のろ波関数IM*i*(f)はsチップを透過とし、それに続くsチップを不透過とすることを少なくとも L を2sで除した回数(n回)繰り返す関数であり、*i*番目のろ波関数IS*i*(f)はsチップを不透過とし、それに続くsチップを透過とすることを少なくとも L をsで除した回数(n回)繰り返す関数である。なお、例示した関数は f_0 から、連続sチップ透過チップ又は不透過チップが続いているが、図9(c)に $L = 6\text{ s}$ 、 $n = 3$ の場合に示すようにsに満たない任意の整数 s_0 のチップだけ透過チップ又は不透過チップ続いてから、sチップを不透過又は透過とし、それに続くsチップを透過又は不透過とすることを、 L を2sで除した数から1引いた数だけ繰り返し、その後に $(s - s_0)$ チップ透過又は不透過とする関数でもよい。つまり前記関係があるもの、例えば図9(b)に示す関数に対し図9(c)のように位相をずらしたものでもよい。前記2次のアダマール行列の符号2は $L = 4$ 、 $s = 1$ 、 $n = 2$ であり、符号3は $L = 4$ 、 $s = 2$ 、 $n = 1$ であり、符号4は

符号3を位相 $\pi/4$ だけ左に巡回シフトしたものである。

【0024】

これらのろ波関数特性をもつ符号器41M及び41S、復号器61M及び61Sも図5に示したような光合分波器5とカプラ6及び6'を用いて同様に構成できることは容易に理解されよう。このような構成の符号器を用いる場合は図7中に破線で示すように上りマーク符号器41M及び上りスペース符号器41Sは上り符号器41として一体に構成され、切替器30は省略され、光合成器50は切替器とされ、また下りマーク復号器61M及び下りスペース復号器61Sも下り復号器61として一体に構成され、光分岐器22は省略される。

【0025】

図7に示した実施例2においても、図6に示した実施例と同様に上りマーク符号器41M及び上りスペース符号器41Sの後段に全反射器51M及び51Sを用いることで、光入出力共用器20と光合成器50を削減して部品点数を削減することが出来る。また切替器30を光分岐器とし、光合成器50を切替器としてもよい。

図10に図7に示した光通信装置と対向する光通信装置の構成例を示す。光源95からの光周波数 $f_0 \sim f_L$ の光信号は切替器35により、入力端子36からの下りデータ系列の各データのマークかスペースかに応じて下りマーク符号器45M又は下りスペース符号器45Sに入力される。下りマーク符号器45M及び下りスペース符号器45Sのろ波特性は対向光通信装置の下りマーク復号器61M及び下りスペース復号器61Sの関数 $I_M(f)$ 及び $I_S(f)$ と等しくされる。下りマーク符号器45M及び下りスペース符号器45Sよりの下り信号光は光合成器55を通じ、更に光入力出共用器25を通じて光ファイバ10へ入力される。

【0026】

光ファイバ10より入力された上り信号光は光入出力共用器25を通じて光分岐器26により上りマーク復号器65M及び上りスペース復号器65Sに入力される。これら復号器65M及び65Sのろ波特性は対向光通信装置の上りマーク符号器41M及び上りスペース符号器41Sの各ろ波特性 $O_M(f)$ 及び $O_S(f)$ と等しくされる。上りマーク復号器65M及び上りスペース復号器65Sの各出力信号光はそれぞれ光検出器75M及び75Sに入力され、光検出器75M及び75Sよりの各出力電気信号が比較器85で比較され、出力端子86に上りデータ系列として出力される。

【0027】

実施例2の光通信装置によればこの下り信号光を出力する光通信装置と上り信号光を出力する光通信装置との複数組により光ファイバ10を共用しても、各組により異なる符号を用いることにより、組となっている光通信装置以外の光通信装置からの信号光も直交性により、雑音とならず、また組となっている下り信号光と上り信号光とも異なる符号であるため、下り信号光の少なくとも半分の周波数成分を上り信号光として変調することができる効果もある。この効果は特にITU-T勧告G.983及びG.984シリーズに規定されているような1対N接続網である受動光通信網(PON, Passive Optical Network)のような構成に有効である。他の形式の波長分割多重受動光通信網(WDM-PON)では通常他の利用者空間装置である光端末装置(ONU)に対して通信する下り信号光は単なる雑音であり光ろ波器等で廃棄するだけの雑音でしかない。しかしこの実施例2では上り信号光として変調するための光として有効に利用することができる。なお他の光端末装置に対して通信する下り光通信光を活用することを前提に、光強度設計をする場合、接続光端末装置の数が少なく、十分な光強度の下り信号光が確保できない場合は、接続されていない光端末装置の分の下り光を対向光通信装置は出力する必要がある。

【実施例3】

【0028】

この実施例3は(1)又は(2)式、(3)又は(4)式、(5)又は(6)式、及び(7)又は(8)式の関係をもつ関数として三角関数を用いるものである。つまりこの実施例3で用いる関数は波長(周波数)領域での光強度変化の周期が互いに整数倍の関係に

あるか又は同一周期の場合は $\pi/2$ 位相が異なる関係の三角関数である。つまり例えばマークの信号光の関数 $M_i(f)$ は (9) 式であり、

$$M_i(f) = (1 + \cos(2\pi s f / (fL - f_0) + r\pi/2)) / 2 \quad (9)$$

スペースの信号光の関数 $S_i(f)$ は $1 - M_i(f)$ 、つまり (10) 式である。

【0029】

$$S_i(f) = 1 - (1 + \cos(2\pi s f / (fL - f_0) + r\pi/2) -) \quad (10)$$

s は 1 から、最大 M_I (所要符号数) を 2 で除した値 $N_I/2$ までの整数値、 r は 0 又は 1 である。図 2 中の (a), (b), (c) はそれぞれ $M_i(f)$ の $s = 1, 2, 3$ と対応し、点線が $r = 0$ 、実線が $r = 1$ と対応する三角関数である。

このような関数のろ波器は先に述べたように例えば図 4 に示したマッハツエンダ干渉計などを用いて簡易に構成することができる。その場合の光通信装置の例を図 11 に示す。光ファイバ 10 よりの下り信号光は光入出力共用器 20 を通じ、更に光分岐器 21 で下り復号器 61 と上り符号器 41 に分岐入力される。下り復号器 61 及び上り符号器 41 はそれぞれマッハツエンダ干渉計で構成されている。これら復号器 61 及び符号器 41 のマッハツエンダ干渉計の方路 1 と 2 の光路長差は関数 $IM_i(f)$ 及び $OM_i(f)$ と対応してそれぞれ決められている。復号器 61 におけるカプラ 4 の一方の出力ポートからマークの信号光が出力されるとすると、他方の出力ポートからスペースの信号光が出力され、これらはそれぞれ光検出器 70M 及び 70S へ入力される。一方符号器 41 におけるカプラ 4 の一方の出力ポートからはマークの信号光が他方の出力ポートからはスペースの信号光が切替器 50 へ入力される。その他の構成動作は図 7 に示した場合と同様である。

【0030】

この三角関数を用いる場合も各符号間の直交性が保たれ、他符号の干渉が除去され、かつ反射光の影響を受けず、1 対 N 接続網などでは、対向光通信装置以外の他の光通信装置からの下り信号光も、上り信号光として変調するための光として有効に利用することができるなどの実施例 2 と同様の効果を奏する。

【実施例 4】

【0031】

この実施例 4 は、下り信号光の光強度が不足するため、あるいは下り信号光を、光検出器のダイナミックレンジにある光強度で受信するために、又は上り信号光を十分な光強度で出力するためのいずれか、あるいはそれらの複数を実現する光増幅器を設ける。

図 7 中に破線で示すように、光入出力共用器 20 と光分岐器 21 との間に光増幅器 23 が挿入され、下り信号光が増幅される。この光増幅器 23 として双方向からの入力光を増幅するもので、例えば SOA (Semiconductor Optical Amplifier、半導体光増幅器) を使用する場合は光ファイバ 10 に光増幅器 23 を挿入して下り信号光と上り信号光を増幅するようにもよい。又は光分岐器 21 の 2 つの分岐出力側にそれぞれ光増幅器 23a と 23b を挿入して、受信に用いる下り信号光を、光検出器 70M 及び 70S のダイナミックレンジにある光強度になるように光増幅器 23a の増幅率を選定し、上り信号が充分な光強度になるように送信に用いる下り信号光を増幅する光増幅器 23b の増幅率を選定する。光増幅器 23b は光合成器 50 の出力側に挿入してもよい。この場合、符号器 41M 及び 41S で符号化された光のみを増幅するため、効果的に増幅することができる。同様に光増幅器 23a の代りに下りマーク復号器 61M 及び下りスペース復号器 61S の出力側に光増幅器 23aM 及び 23aS を挿入すれば復号された信号光のみを効率的に増幅することができ、かつマーク用光増幅器 23aM とスペース用光増幅器 23aS をそれぞれ独立したハードリミッタとして用いることもできる。

【0032】

光合成器 50 として、図 12 に示すように、上りマーク符号器 41M 及び上りスペース符号器 41S の各出力信号光をそれぞれ光増幅器 52M 及び 52S を通じて光合波器 53 で合波し、入力端子 31 よりのデータがマークであれば光増幅器 52M の増幅率を高くし、光増幅器 52S の増幅率を低くし、データがスペースであれば、光増幅器 52M の増幅率を低くし、光増幅器 52S の増幅率を高くして、マークとスペースに応じた符号光を選

択出力するように、光増幅器52M及び52Sの両増幅率を端子31のデータにより制御してもよい。このようにして上り信号光の光強度を十分大きくすることもできる。この構成の場合は切替器30として光分岐器を用いてもよい。その場合は光通信装置として切替器を一切使用しないで済む効果がある。以上のように図7に示した光通信装置に光増幅器を用いる実施例を述べたが、この光通信装置に用いる符号器及び復号器のろ波関数としては波長（周波数）チップ系列関数のみならず、実施例3で述べた三角関数でもよい。更に図6に示したように符号器の後段に全反射器を用い、光入出力共用器20を省略し、かつ下り信号光を復号する受信回路を備える光通信装置にもその各所に光増幅器を挿入して、同様に効果的に作用させることもできる。その例を、図13に図6、図7及び図12と対応する部分に同一参照番号を付け、かつ、挿入可能な光増幅器を破線で同一参照番号を付けて示し、重複説明は省略する。この場合光入出力ポート12と直接接続される光分岐器は光合分波器21とされるマーク符号器41M及びスペース符号器41Sの全反射器51M及び51Sと反対側に挿入した光増幅器51M及び51Sの各増幅率をデータにより制御してマーク信号光及びスペース信号光を選択する場合は切替器30の部分は光合分波器とされる。マーク符号器41M及びスペース符号器41Sを一体化した符号器41の場合には符号器41のマーク信号光出力ポート及びスペース信号光出力ポートと全反射器51M及び51Sとの間に光増幅器51M及び51Sを挿入し、上りデータ系列によりこれら光増幅器51M及び51Sを制御する場合は符号器41の入力ポートが光合分波器21に直接接続され、光合分波器30を省略できる。この場合、光増幅器51M及び51Sの替りに上りデータにより互いに逆にオンオフ制御されるスイッチを用いてもよく、要は上りデータに応じてマーク信号光又はスペース信号光のいずれかを選択すればよい。

【実施例5】

【0033】

上述では下り信号光に対する受信復号回路と、上り信号光のための送信符号化回路とを並列に設けたが、これらを縦続的に設けてもよい。以下に送信符号化回路を光入出力ポート12つまり光ファイバ10側として、その送信符号化回路に対し、受信復号回路を縦続的に設ける実施例5を以下に説明する。

図14にその一例を、図3、図7と対応する部分に同一参照番号を付けて示す。光合分波器30が必要に応じて光増幅器42を介して光入出力ポート12に接続される。従って光ファイバ10からの下り信号光は光合分波器30を介して符号器41M及び41Sに入力される。先に述べたようにマーク信号光とスペース信号光は各光周波数の光強度が相補的であり、かつ光周波数範囲f0～fLの平均光強度は互いに等しく、下り信号光中のマーク信号又はスペース信号光を構成する光周波数成分の半分に相当する光周波数を上り信号光としてのマーク信号光又はスペース信号光としている。

【0034】

従って下り信号光中の半分の有効光周波数成分は符号器41M及び41Sを透過し、これら透過光は切替器50で合成されて光合分波器24に入力され、光合分波器24にて全反射器51と光分岐器22に分岐される。光分岐器22に入力された下り信号光は復号器61M及び61Sに入力される。この下り信号光の光周波数特性がこれら復号器61M又は61Sのろ波関数と整合したものであれば、前述したように、少くとも光ファイバ10における下り信号光中の半分の光周波数成分が正しく透過し、従って比較器80より復号したデータを得ることができる。

【0035】

一方、全反射器51で反射された光は光合分波器24を通過して光合成器50に入力される。切替器50は端子31より上りデータ系列により、切替制御されているから、先に下り信号光が符号器41M又は41Sを通過した際に符号化された信号光が全反射器51で反射され、同一の符号化を受けて光合分波器30に入力され、これより上り信号光として光ファイバ10に入力される。この上り信号光は符号器41M又は41Sにより2回符号化され、その符号化は同一特性であるが、最終的の上り信号光としての符号化が、先の光ファイバ10から切替器50へ通過する際に符号化され、全反射器51により反射され

た光により影響されて上り信号光の光周波数特性が乱だされるおそれがある。そのような場合は光ファイバ10へ入力する上り信号光を光増幅器42により飽和するまで増幅するといい。ただしこの場合は信号光の関数としてチップ系列を用いる場合に限られる。光合分波器30を切替器とし、切替器50を光合分波器としてもよい。その他前述した各種変形を同様に施すことができる。なお切替器50を図12に示した構成とし、その光増幅器52M及び52Sにより、光ファイバ10へ入力される上り信号光を飽和増幅して、光増幅器42の代用も兼ねるようにもよい。更に光増幅器42を図14中に破線で示すように、全反射器51の前段に配してもよい。この場合はSOAの一端に全反射コーティングを施し、光増幅器と全反射器を單一部品として構成することができる。

【実施例6】

【0036】

この実施例6は実施例5における光合分波器24と全反射器51を省略し、例えば図15に示すように、符号器41M及び41Sを透過した光は切替器50より一部反射器54に入力され、一部反射器54で一部が反射され、一部が透過して光分岐器22に入力される。この場合も、下り信号光を正しく復号することができ、かつ下り信号光の一部を利用して上り信号光を生成できることは容易に理解されよう。この例では図14に示した場合と比較して光合分波器24を省略でき、光合分波器24における損失がなくなる効果がある。破線で示すように光増幅器42を一部反射器54の切替器50側に挿入してもよい。この場合は、例えばSOAの一端に一部反射するコーティングを施すことにより光増幅器と一部反射器を單一部品として構成することができる。切替器50を図12に示した構成とし、その光増幅器51M及び51Sを光増幅器42として兼用させてもよい。その前述した各種変形を同様に行うこともできる。

【実施例7】

【0037】

この実施例は受信回路の後に送信回路を縦続させた場合である。また受信回路における光検出器70M及び70Sとして、例えば図16に示すように入力光強度に比例した電気信号を取り出すことができる光増幅器よりなる光検出器71M及び71Sを用いる。このような光検出器71M及び71Sとしては例えばSOAを用いることができ、光検出器71M及び71Sで出力された、マーク復号器61M及びスペース復号器61Sよりの各信号光の光強度に比例した各電気信号は比較器80へ入力される。一方、光検出器71M及び71Sよりの増幅された信号光は光合波器72で合波されて、切替器30へ入力される。その他の構成動作は図7に示した場合と同様である。この場合も各マーク信号光、スペース信号光の光周波数特性が前述したように作られているため、下り復号器61を透過した信号光は下り信号光の光周波数成分の半分が含まれ、上り符号器41により上りマーク信号光又は上りスペース信号光を生成することができる。この構成により、図7に示した構成に対し、下り信号光を受信側と送信側とに分離するための光分岐器21が不要となり、かつ符号器41M及び41Sに入力する下り信号光を増幅することができる。

【0038】

図11に示したようにマッハツエンダ干渉計を下り復号器61及び上り符号器41として用いる場合に、光検出器として光増幅器71M及び71Sを用いる実施例を図17に図11及び図16と対応する部分に同一参考番号を付けて示す。光入出力共用器20よりの下り信号光は直接下り復号器61に入力され、下り復号器61よりの復号された下りマーク信号光及び下りスペース信号光は光増幅器よりなる光検出器71M及び71Sにそれぞれ入力される。光検出器71M及び71Sよりの光強度に比例した電気信号は比較器80へ入力され、光検出器71M及び71Sより光増幅されマーク信号光及びスペース信号光は、下り復号器61のマッハツエンダ干渉計とポートを入れかえたマッハツエンダ干渉計よりなる補正合波器73に入力される。下り復号器61における方路1及び2の光路長の差が、補正合波器73における方路1及び2の光路長の差により補正され、下りマーク信号光と下りスペース信号光がそれぞれ同一長の光路を通過した状態でカプラ4で合波される。この合波された下り信号光はマッハツエンダ干渉計よりなる上り符号器41に入力さ

れる。その他の構成及び動作は図11に示したものと同様である。光検出器71M及び71Sの各出力光をマッハツエンダ干渉計により合波しているため、図16中の光合波器72を用いる場合より損失を減少できる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】この発明装置の実施例を示す機能構成図。

【図2】この発明の実施例における光周波数特性を三角関数とした例を示す図。

【図3】この発明の実施例における光周波数特性をチップ関数とした例を示す図。

【図4】図1中の符号器40M及び40Sとして三角関数特性をもつ構成例を示す図。

○ 【図5】図1中の符号器40M及び40Sとしてチップ関数をもつ構成例を示す図。

【図6】この発明装置の他の実施例を示す機能構成図。

【図7】この発明装置で送信回路及び受信回路を並設した例を示す機能構成図。

【図8】アダマール行列を示す図。

【図9】チップ関数の例を示す図。

【図10】この発明装置と対向する光通信装置の例を示す機能構成図。

【図11】この発明装置で三角関数ろ波特性をもつ送信回路と受信回路を並設した例を示す機能構成図。

【図12】図7中の光合成器の他の例を示す機能構成図。

【図13】この発明装置で送信回路と受信回路を並設する他の例を示す機能構成図。

【図14】この発明装置で送信回路の後に受信回路を縦続した例を示す機能構成図。

【図15】この発明装置で送信回路の後に受信回路を縦続した他の例を示す機能構成図。

【図16】この発明装置で受信回路の後に送信回路を縦続した例を示す機能構成図。

【図17】この発明装置で受信回路の後に送信回路を縦続した他の例を示す機能構成図。

【書類名】 図面
【図1】

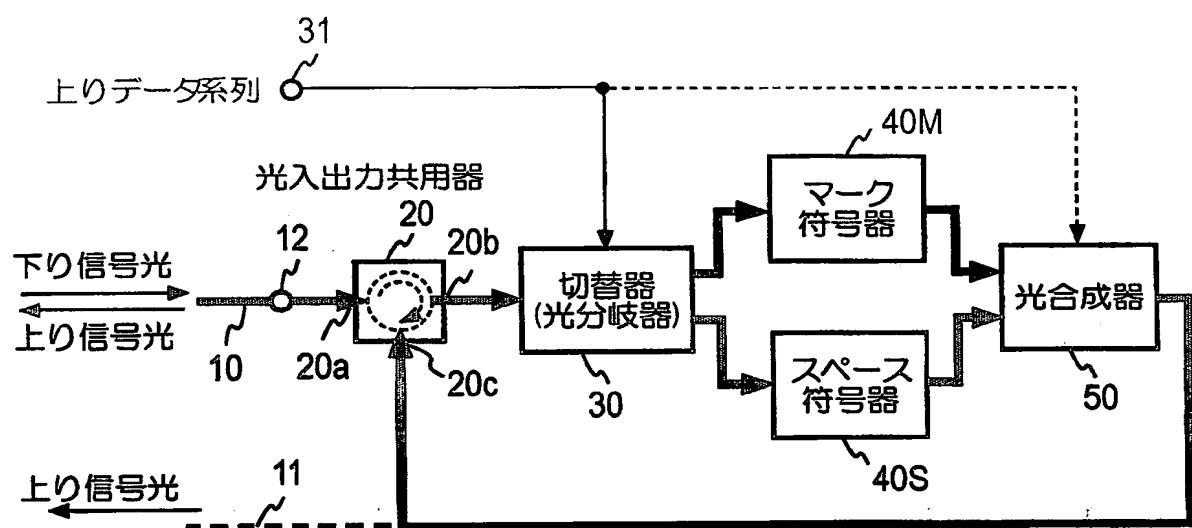


図1

【図2】

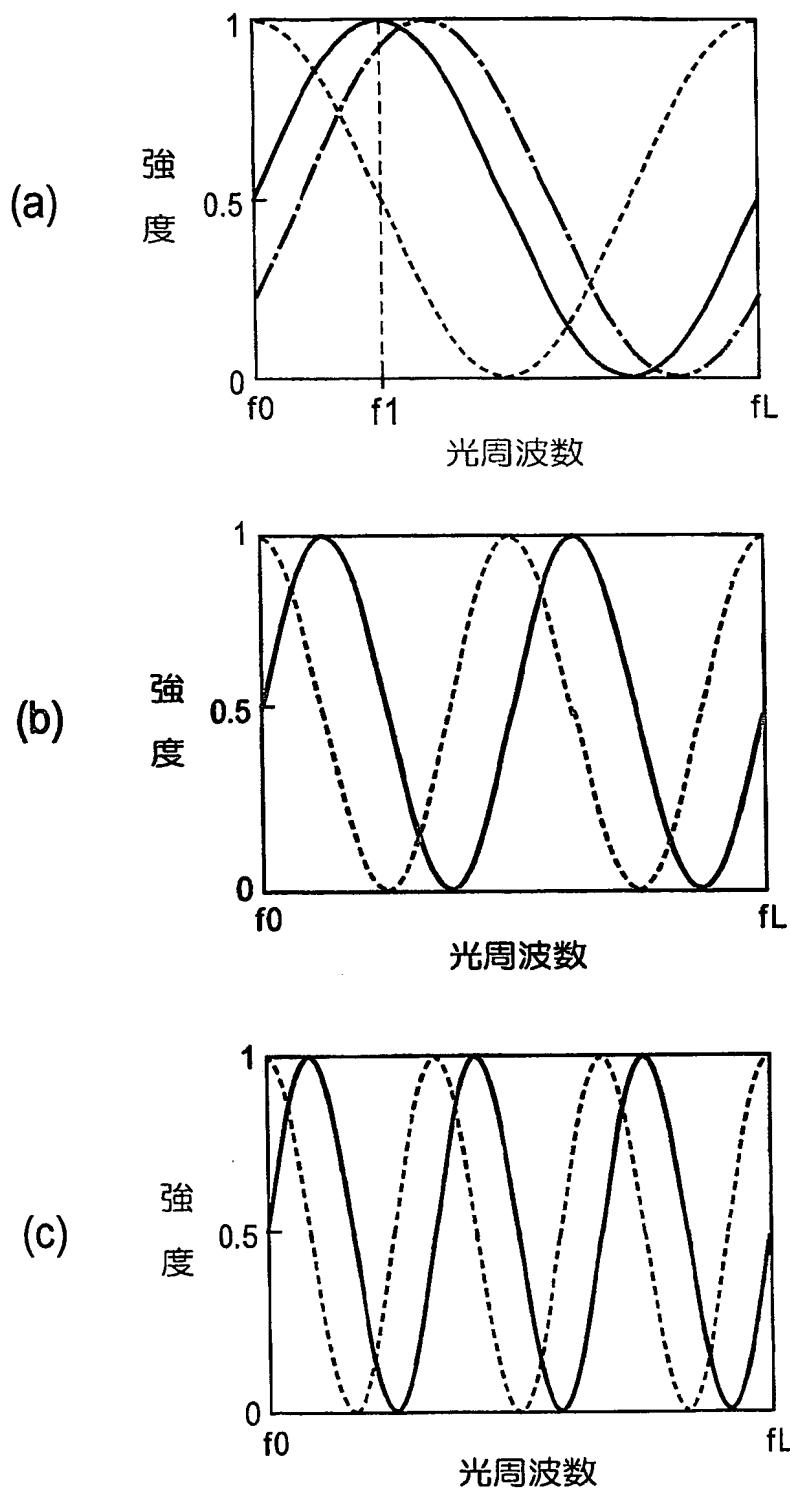


図2

【図3】

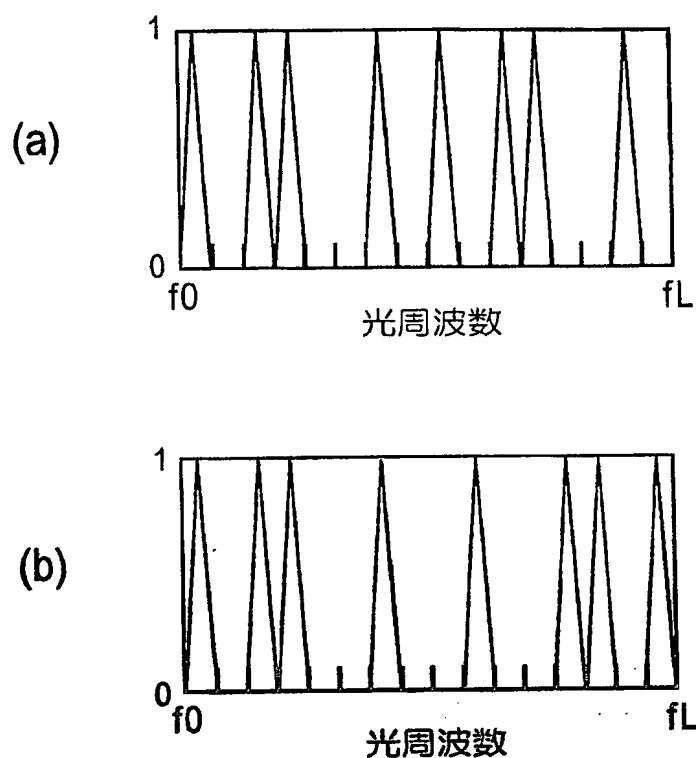


図3

【図4】

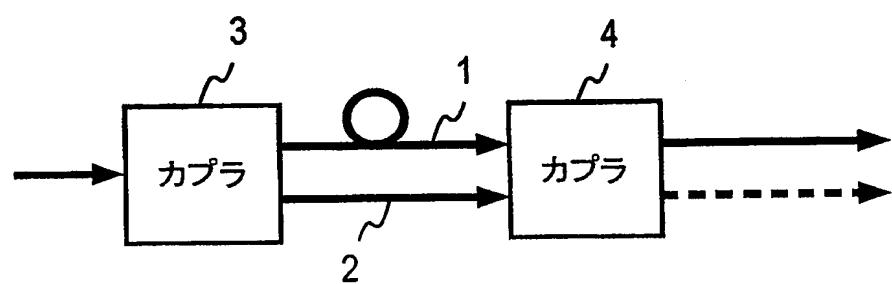


図4

【図5】

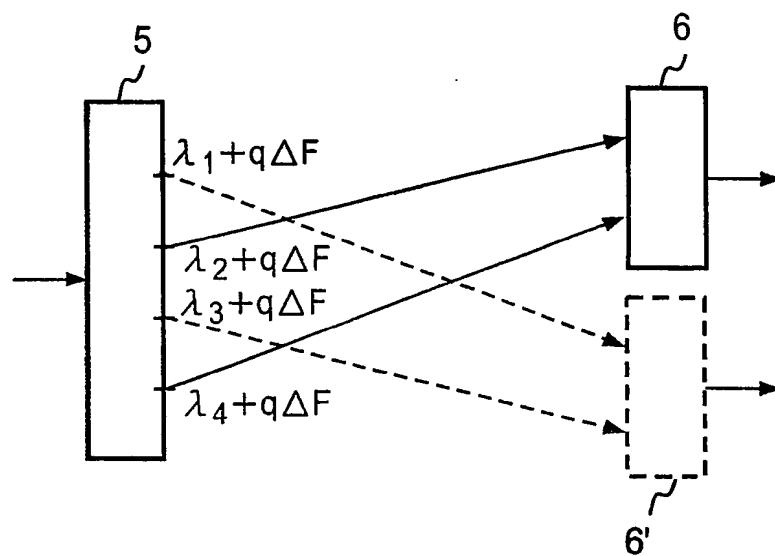


図5

【図6】

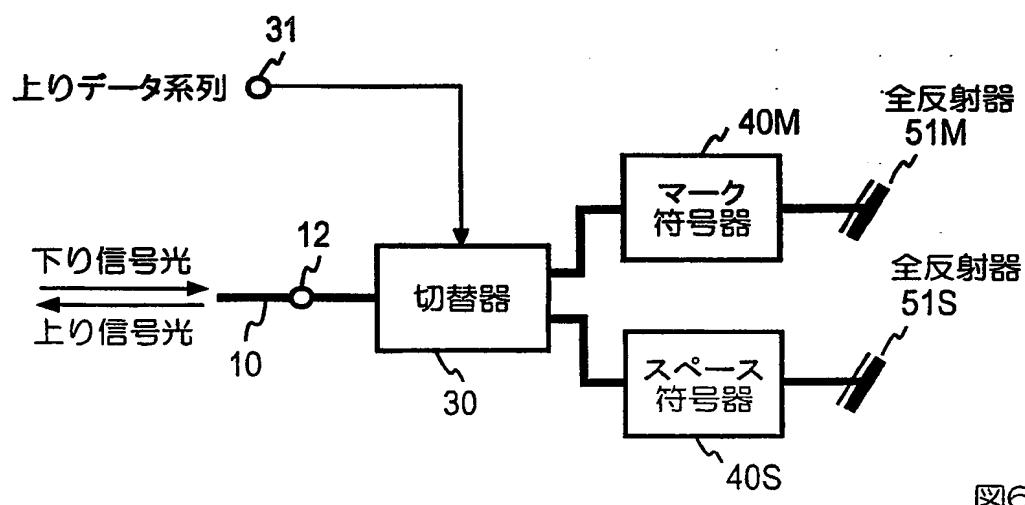


図6

【図7】

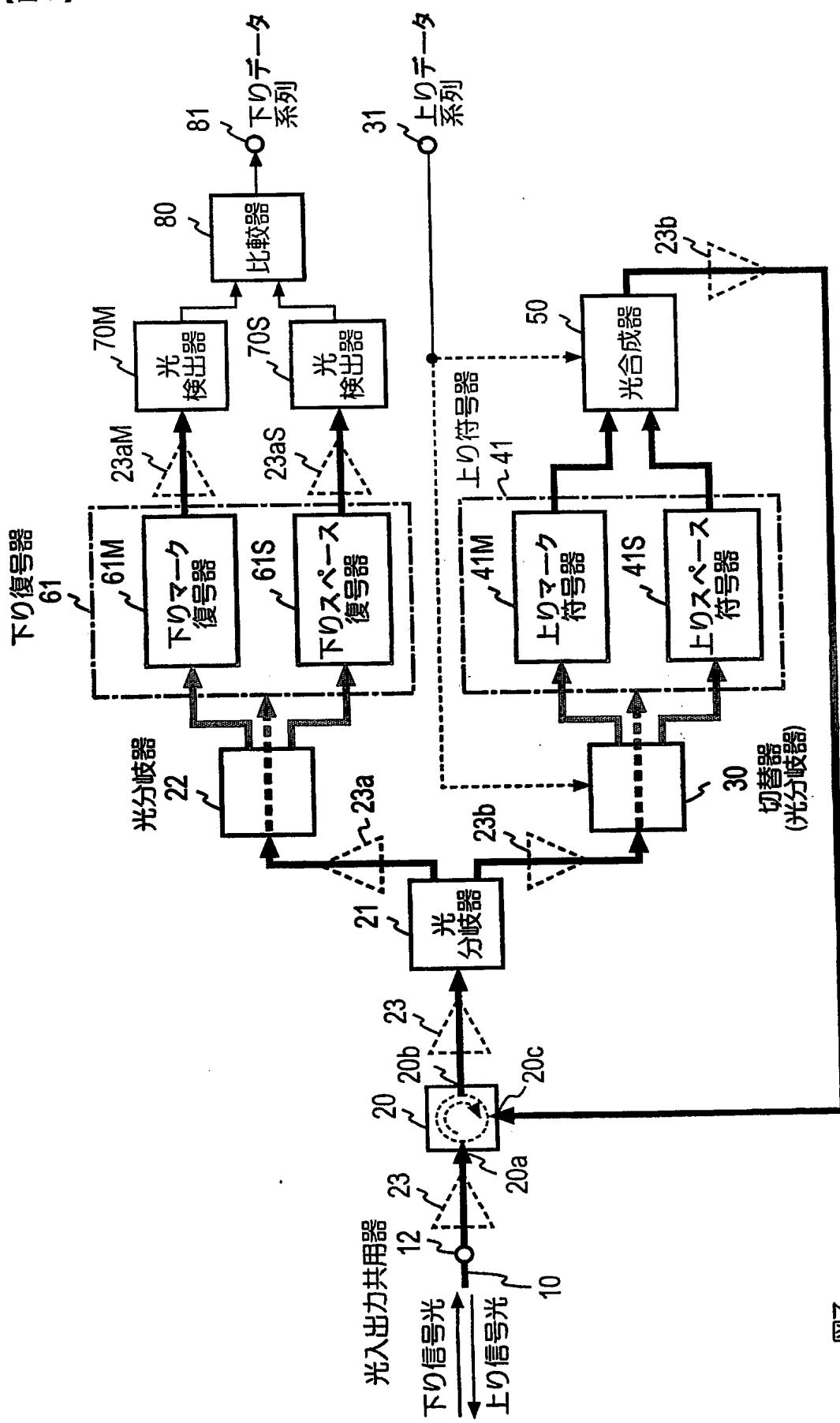


図7

【図8】

$$H_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$H_2 = \begin{pmatrix} H_1 & H_1 \\ H_1 & H_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$H_n = \begin{pmatrix} H_{n-1} & H_{n-1} \\ H_{n-1} & H_{n-1} \end{pmatrix} \quad (n > 1)$$

図8

【図9】

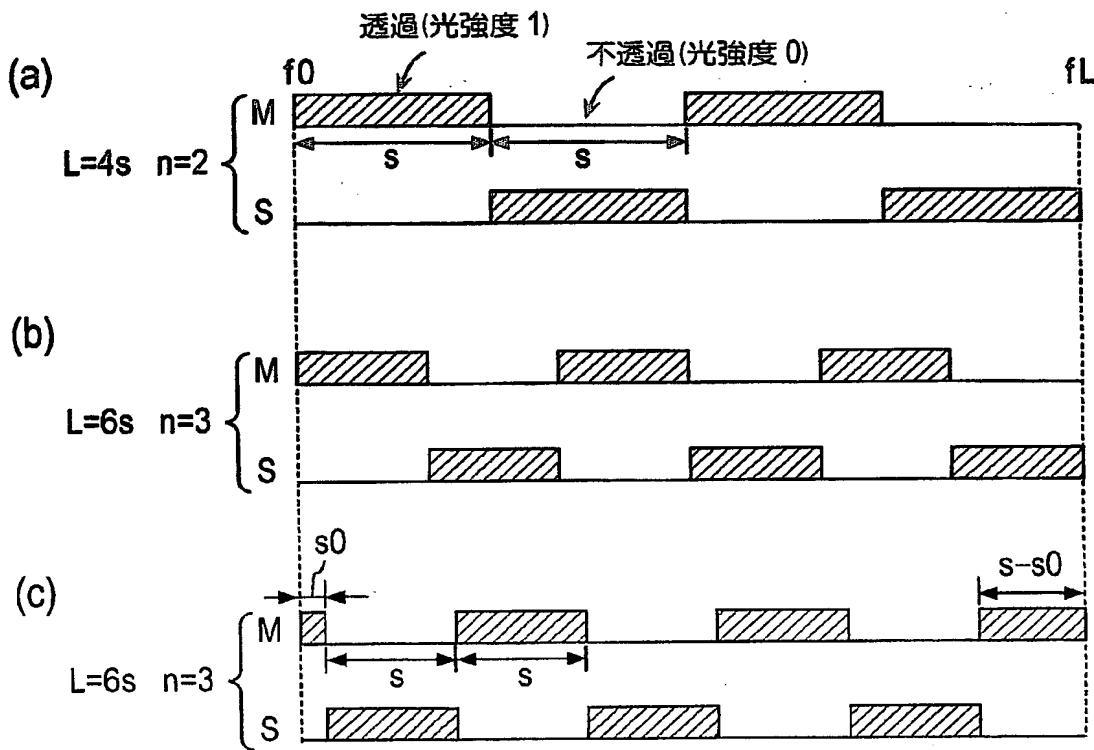


図9

【図10】

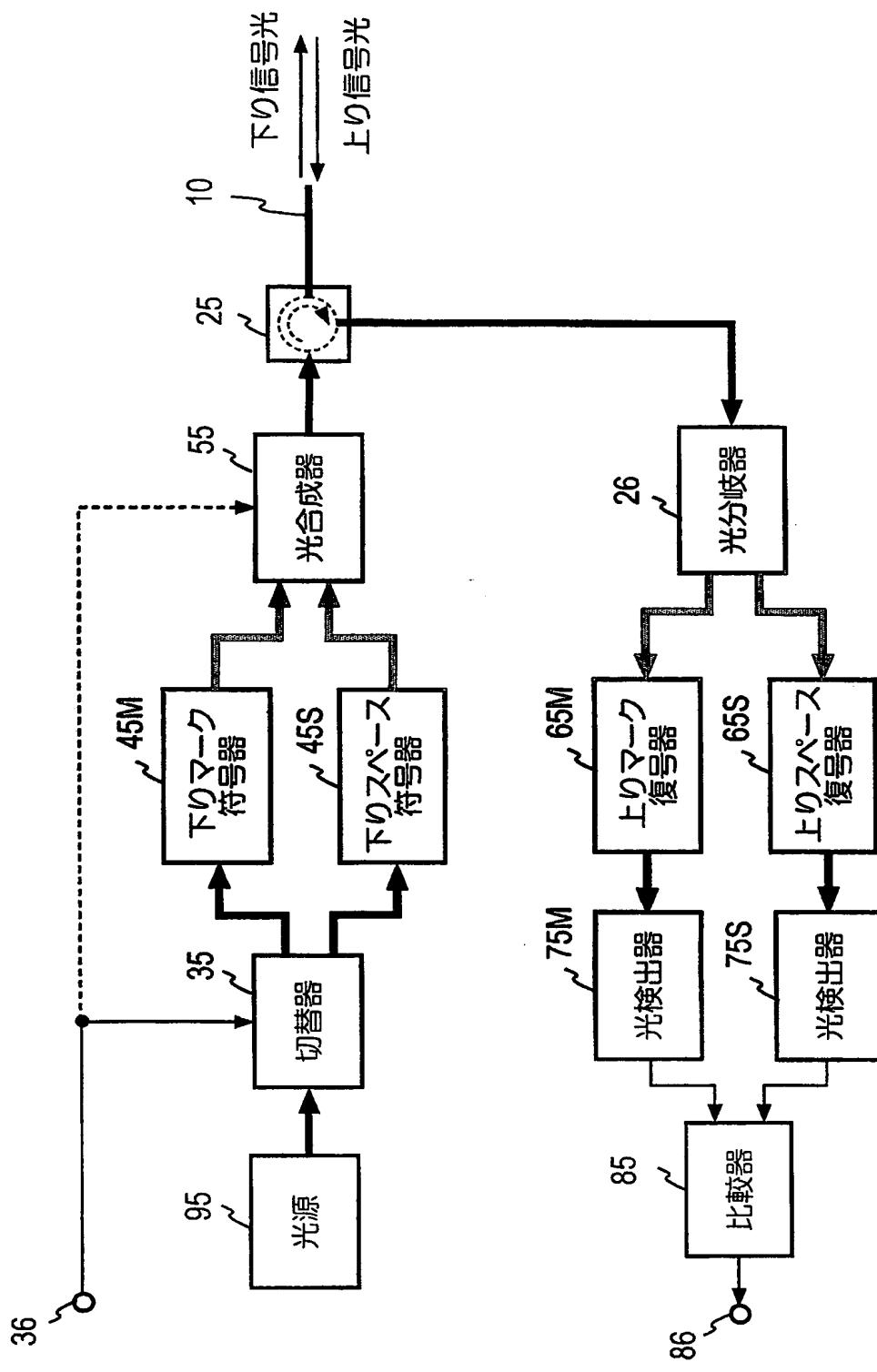


図10

【図11】

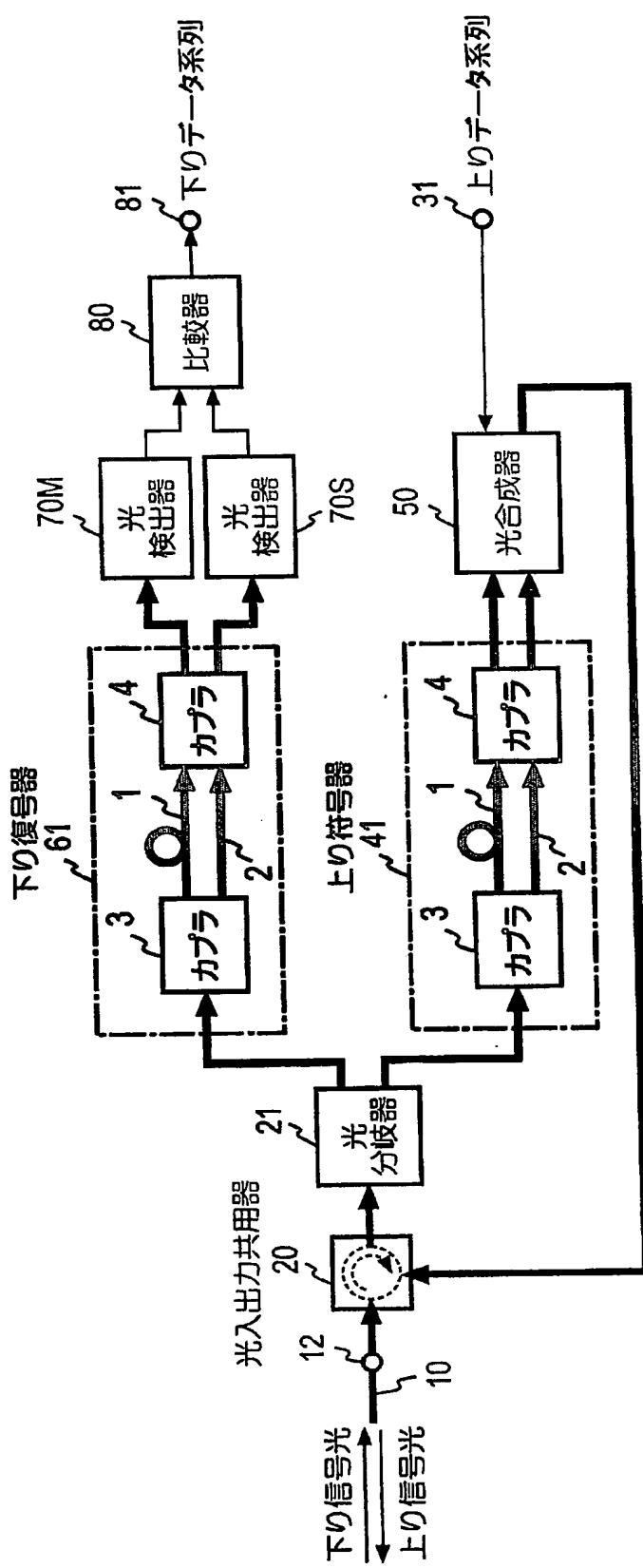


図11

【図12】

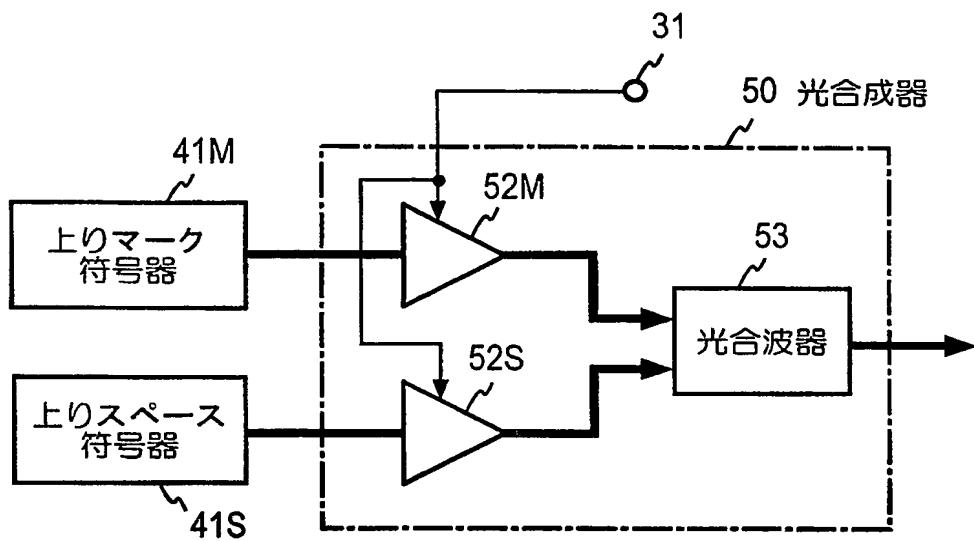


図12

【図13】

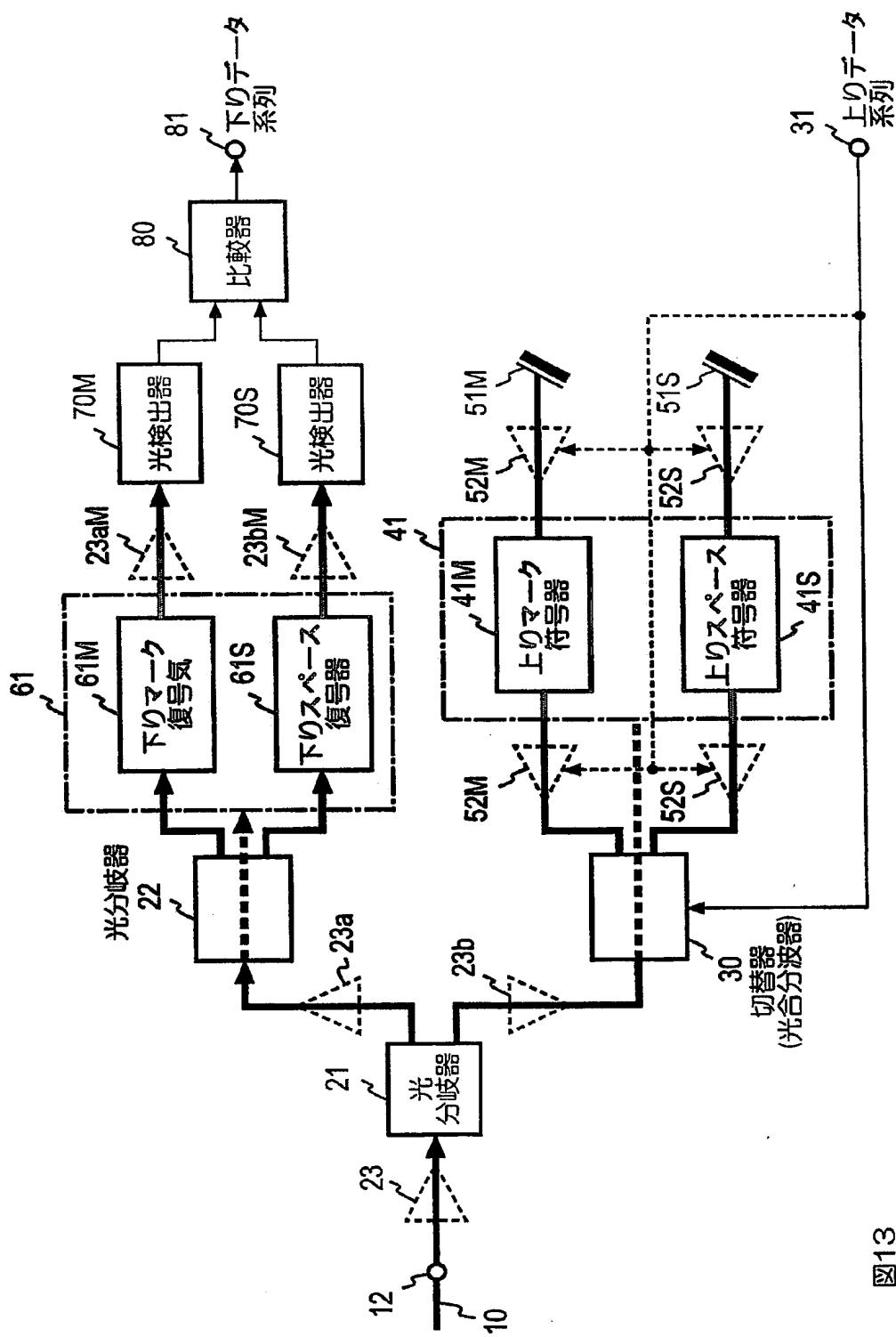


図13

【図14】

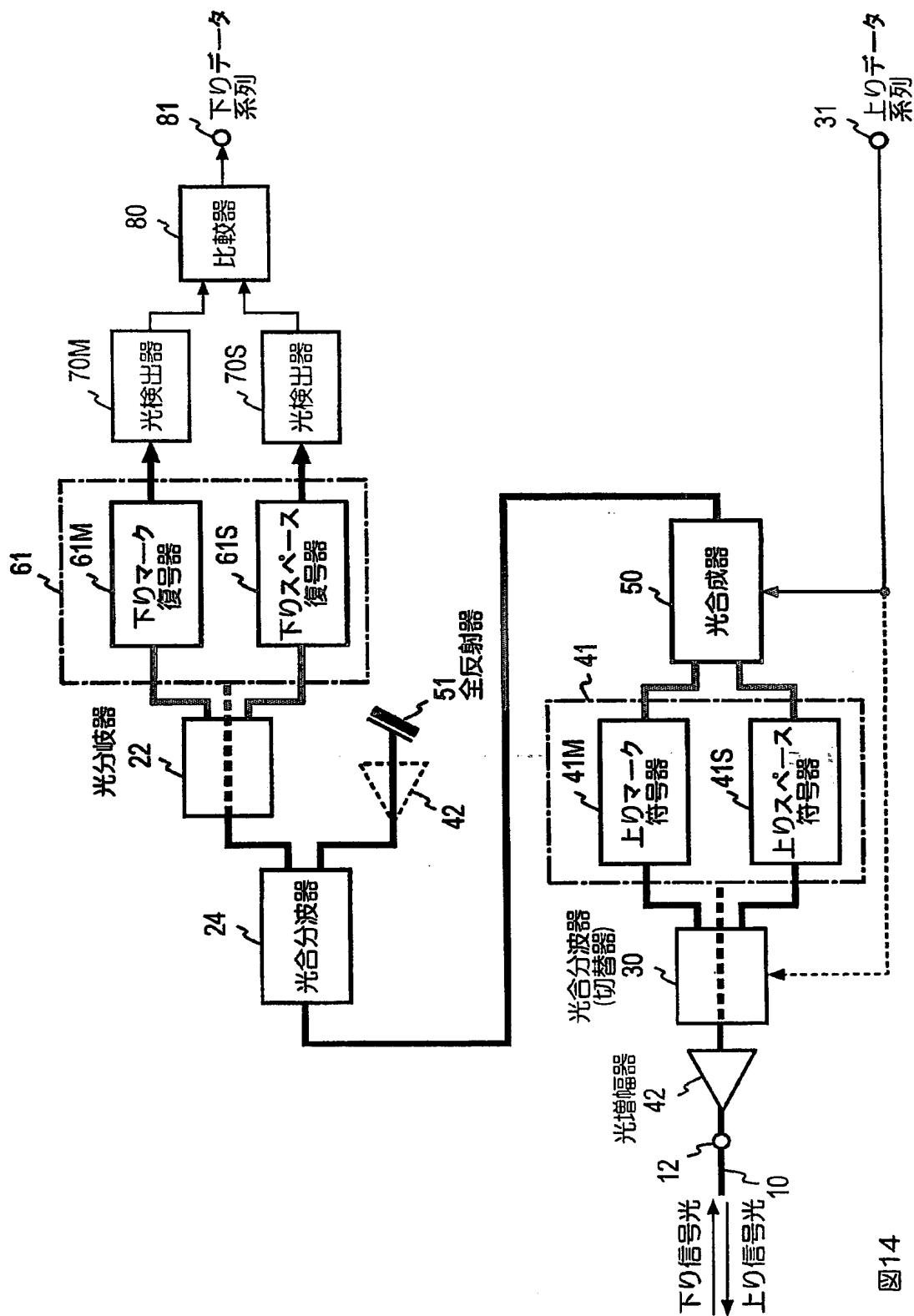
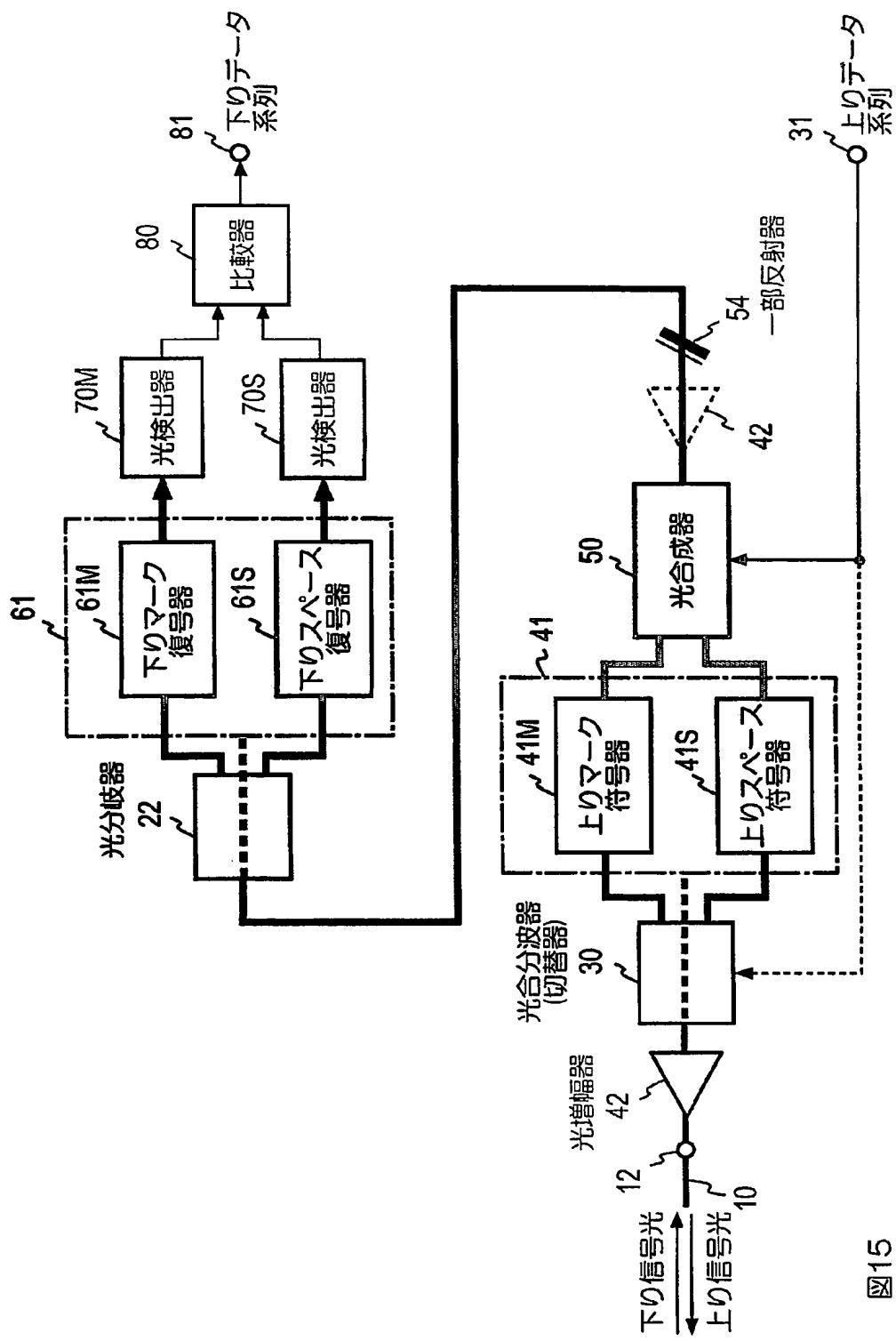


図14

【図15】



5
一

【図16】

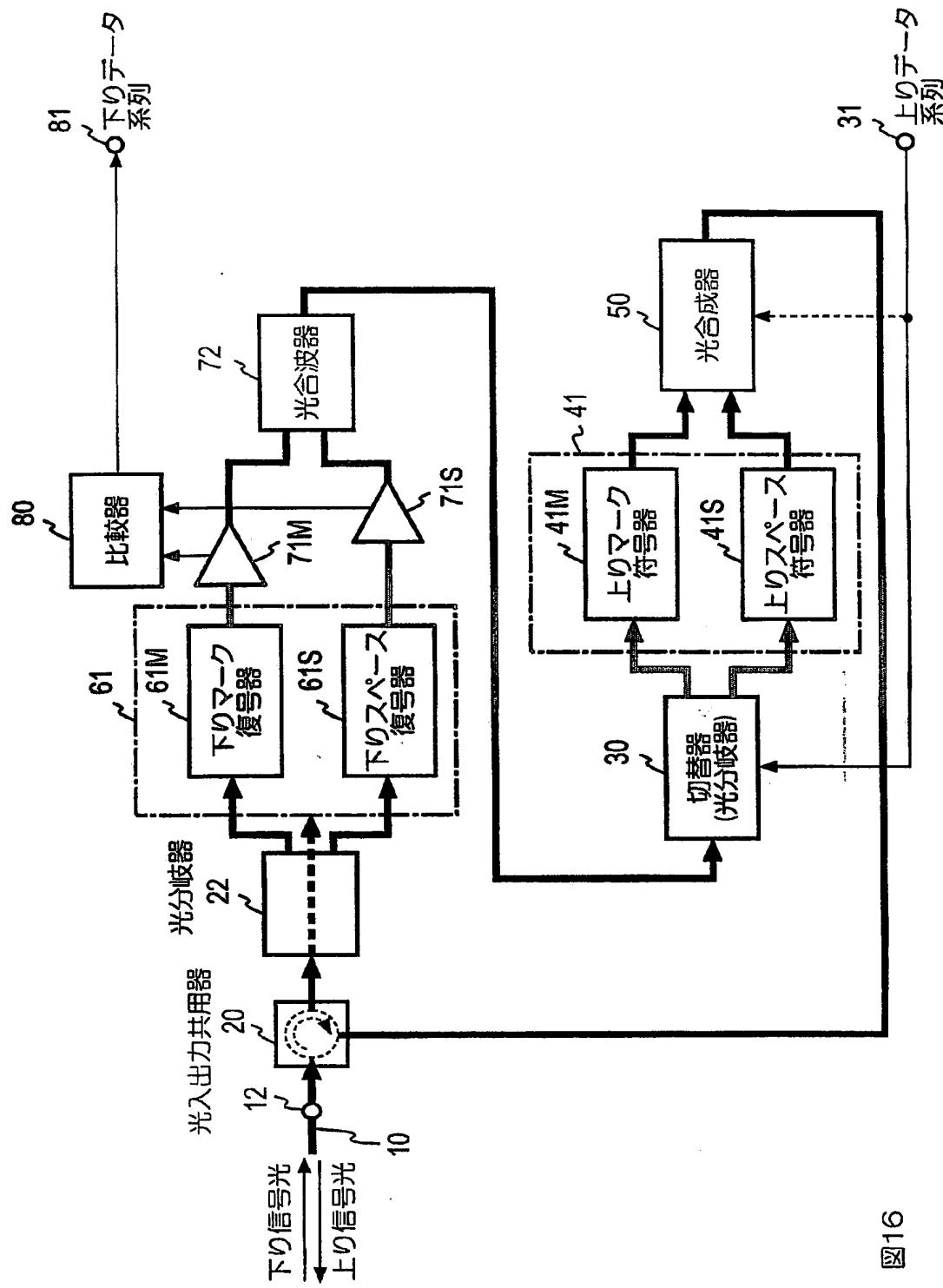


図16

【図17】

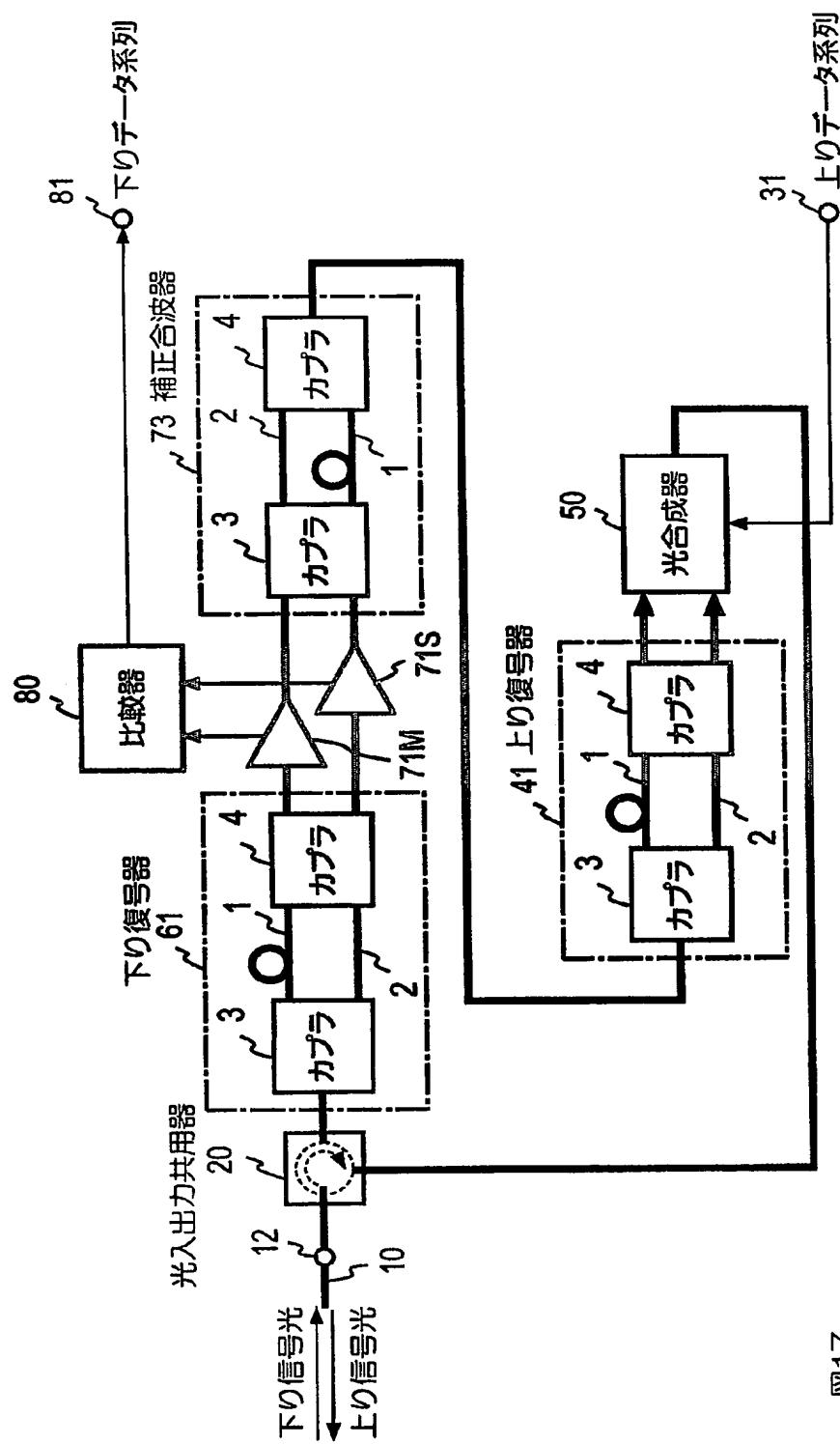


図17

【書類名】要約書

【要約】

【課題】 データ1を送る下り信号光の他に無変調の連続光を送る必要がなく、かつ消光比を劣化することなく良好な品質を確保可能とする。

【解決手段】 下り信号光をサーキュレータ20一分岐器21を介してマーク符号器41M及びスペース符号器41Sとマーク復号器61M及びスペース復号器61Sに入力する。符号器41M, 41S、復号器61M, 61Sの各々波関数はそれぞれ下り信号光の光周波数範囲 $f_0 \sim f_L$ で各光周波数成分について光強度がマークとスペースで相補的であり、かつ $f_0 \sim f_L$ 区間の平均パワーが等しく、下りマーク又はスペース信号光の光周波数成分の半分が上りマーク信号又はスペース信号光とされる。例えばアダマール行列の1つ行の符号列とその反転符号列がマークとスペースにそれぞれ用いられる。

【選択図】 図7

特願 2003-401734

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日 1999年 7月15日

[変更理由] 住所変更

住所 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
氏名 日本電信電話株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.